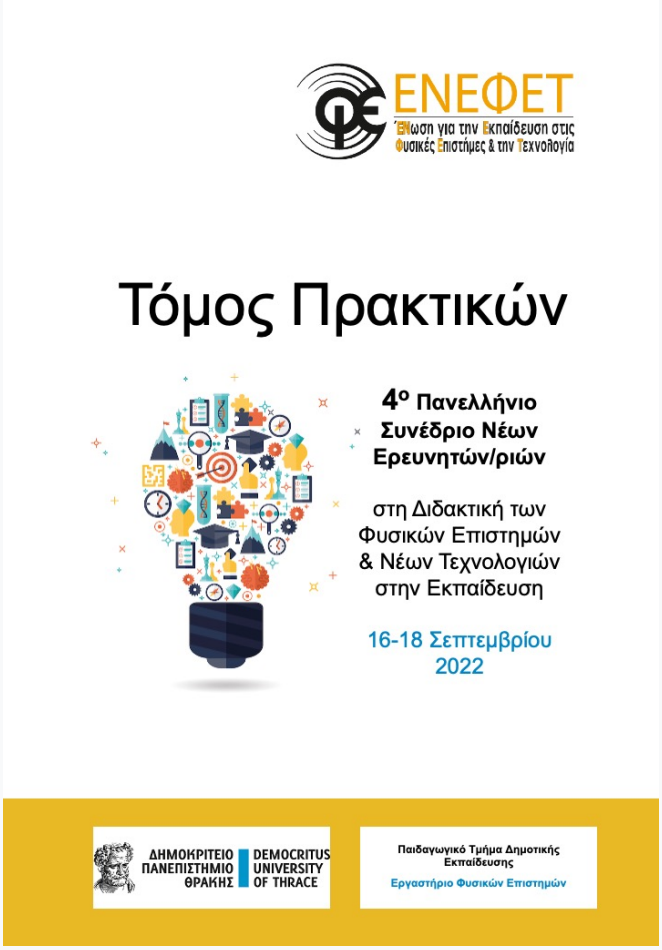
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών/τριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2024)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών



Διερεύνηση Διδακτικών Παρεμβάσεων σε Μαθητές Λυκείου, σε θέματα σύγχρονης φυσικής, με αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων

Στυλιανή Κλαυδιανού, Μολοχίδης Αναστάσιος

doi: 10.12681/nrcodiste.5969

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 21/02/2026 16:36:49

Διερεύνηση Διδακτικών Παρεμβάσεων σε Μαθητές Λυκείου, σε Θέματα Σύγχρονης Φυσικής, με Αξιοποίηση Πολλαπλών Αναπαραστάσεων

Στυλιανή Κλαυδιανού[1], Αναστάσιος Μολοχίδης[2]
[1]Υποψήφια διδάκτορας, [2]Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Είναι αναμφισβήτητο γεγονός ότι τα θέματα της σύγχρονης φυσικής που περιλαμβάνονται έως τώρα στα αναλυτικά προγράμματα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι ελάχιστα. Στην μελέτη εργασιών που αναφέρονται σε σχετική θεματολογία διαπιστώθηκε ότι η εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση, αποτελεί ένα καίριο ερευνητικό ερώτημα στην διδακτική της φυσικής. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην φυσική στοιχειωδών σωματιδίων και στην ένταξη της στην εκπαίδευση. Στα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας περιλαμβάνονται η επίτευξη γνωστικών και επιστημονικών στόχων, μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένη Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), με αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Στο πρώτο στάδιο της εργασίας γίνεται διερεύνηση για το επίπεδο γνώσεων των μαθητών σχετικά με την σωματιδιακή φυσική (ΣΦ) και το κατά πόσο μπορεί να αποτελέσει πηγή ενδιαφέροντος για την φυσική γενικότερα.

Abstract

It is an indisputable fact that the subjects of modern physics that are included so far in the curricula of secondary education are few. In papers that refer to relevant topics, it was found that the introduction of modern physics in education, is a key research question in the teaching of physics. The present work focuses on elementary particle physics and its integration into education. The research questions of the work include the achievement of cognitive and scientific goals, through a suitably designed Teaching Learning Sequence, utilizing multiple representations. In the first stage of the work, we investigate the level of students' knowledge about particle physics and whether it can be a source of interest in physics in general.

Λέξεις κλειδιά: φυσική στοιχειωδών σωματιδίων, masterclass, διδακτικός μετασχηματισμός,
Key words: elementary particle physics, masterclass, didactic transposition/transformation

1. Εισαγωγή

Τα θέματα της Σύγχρονης Φυσικής που περιλαμβάνονται στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι ελάχιστα. Το γεγονός αυτό αποτελεί εμπόδιο στην προώθηση του επιστημονικού εγγραμματισμού σε σύγχρονα θέματα Φυσικής. Ωστόσο, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με σύγχρονα θέματα Φυσικής στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης καθώς και στα μέσα ενημέρωσης. Παραδείγματα τέτοιων θεμάτων είναι τα βαρυτικά κύματα, το σωματίδιο Higgs, οι μαύρες τρύπες, η σκοτεινή ύλη, η σκοτεινή ενέργεια κλπ. Είναι λογικό οι μαθητές να αναρωτιούνται για αυτές τις έννοιες, όμως είναι το σημερινό σχολείο σε θέση να ανταποκριθεί σε αυτές τις αναζητήσεις;

Η Σύγχρονη Φυσική περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών αρκετών χωρών (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017˙ Stadermann et al., 2019). Τα τελευταία δέκα χρόνια εμφανίζεται σε αρκετές δραστηριότητες της μη τυπικής εκπαίδευσης, ακόμα και σε χώρες όπου δεν εμπεριέχεται στα προγράμματα σπουδών τους (Johansson et al., 2007). Στην μελέτη εργασιών που αναφέρονται στη σχετική θεματολογία διαπιστώθηκε ότι η εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση, και ο συνεπακόλουθος διδακτικός μετασχηματισμός,

αποτελεί ένα καίριο ερευνητικό ερώτημα στην διδακτική της φυσικής (Michelini et al, 2016˙ Polen, 2019 κ.α.).

Στην περίπτωση των εννοιών που σχετίζονται με την δομή της ύλης, η διδακτέα ύλη συνήθως σταματά στο τέλος του 19ου αιώνα ή στις αρχές του 20ου αιώνα, αγνοώντας την τρέχουσα εικόνα που παρέχει το Καθιερωμένο Μοντέλο της Φυσικής Σωματιδίων. Ο στόχος, στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, δεν μπορεί να είναι η παροχή μιας βαθιάς κατανόησης και ερμηνείας όλων ή ορισμένων εξ αυτών σύγχρονων εννοιών (ή θεμάτων) της φυσικής, αλλά η γνωριμία ορισμένων από αυτές. Μελέτες προτείνουν ότι η παρουσίαση εννοιών της σύγχρονης φυσικής βελτιώνει τη μάθηση και αυξάνει το ενδιαφέρον για την επιστήμη (Bertozzi et al., 2013˙ Polen, 2019). Υπάρχουν πολλές διαφορετικές θέσεις όσον αναφορά την εισαγωγή ή τον αποκλεισμό της σωματιδιακής φυσικής (ΣΦ) από την εκπαιδευτική διαδικασία. Θα αναφερθούν στη συνέχεια ενδεικτικές εργασίες που στόχος τους ήταν να διερευνηθεί η συμπερίληψη της ΣΦ στο πρόγραμμα σπουδών στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου.

Σε έρευνά του ο Polen (2019) σε σχολεία της Virginia, USA, ασχολήθηκε με θεματολογία που αφορούσε την χρησιμότητα επιταχυντών-ανιχνευτών, τα θεμελιώδη δομικά σωματίδια και η ταξινόμηση τους. Η μεθοδολογία του βασίστηκε σε δραστηριότητες με βίντεο σχετικά με την ΣΦ και το CERN, με διάρκεια 3 ενοτήτων των 80 λεπτών. Το συμπέρασμα ήταν ότι υπήρχε αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών για την ΣΦ.

Σε άλλη έρευνα ο Gourlay (2018), σε σχολεία του Λονδίνου, εφάρμοσε μια δραστηριότητα που στηριζόταν στην χρήση εννοιολογικών χαρτών με 24 λέξεις κλειδιά. Το αποτέλεσμα δεν ήταν ικανοποιητικό και το αποτέλεσμα συμφωνούσε με την άποψη του Barlow (1992) ο οποίος αμφισβήτησε την ιδέα διδασκαλίας της σωματιδιακής φυσικής στο σχολικό επίπεδο, μιας και η ΣΦ εμπεριέχει πληθώρα πληροφοριών που οι μαθητές καλούνται να μάθουν.

Η Michelini (2016) και οι συνεργάτες της διερευνήσαν τη διαδικασία μάθησης και την αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στην εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής. Στην μεθοδολογία εφαρμόστηκαν πειραματικές δραστηριότητες σε σύγχρονα θέματα φυσικής, όπως α) πειράματα για την ερμηνεία της κλασικής φυσικής και β) προσέγγιση της κβαντικής φυσικής με απλά πειράματα. Το συμπέρασμα της εργασίας έδειξε ότι τα πειράματα βοήθησαν τους μαθητές να δείξουν θετική μαθησιακή πρόοδο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εργασία των Tuzón and Solbes (2016), που σκοπό της είχε να εντοπίσει τις γνωστικές ελλείψεις των μαθητών τελευταίων τάξεων Λυκείου σχετικά με τη δομή των συστατικών της ύλης, τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των σωματιδίων της ύλης, καθώς και την επικαιροποιημένη τους εκδοχή. Τα αποτελέσματά της έρευνάς τους έδειξαν ότι οι μαθητές ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για την ΣΦ και είναι περίεργοι για τις κοινωνικές προεκτάσεις του θέματος. Επίσης, οι Tuzón and Solbes εντόπισαν την αναγκαιότητα μιας στρατηγικής παρέμβασης διδασκαλίας για την ενσωμάτωση των νέων εννοιών στη μαθησιακή διαδικασία, έτσι ώστε τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται να μπορούν να γίνουν κατανοητά και θέματα σχετικά με την δομή της ύλης να παρουσιάζονται ολοκληρωμένα. Την έρευνά τους την στήριξαν σε ένα διαγνωστικό τεστ με ανοιχτού τύπου απαντήσεις, οι οποίες αξιολογήθηκαν με 0 μονάδες οι λανθασμένες απαντήσεις, 0,5 οι ελλιπείς και 1 μονάδα οι ολοκληρωμένες απαντήσεις. Εφαρμόστηκε σε 138 μαθητές, σε 6 τάξεις λυκείου, σε 4 σχολεία στην Βαλένθια της Ισπανίας. Το ερωτηματολόγιο των Tuzón and Solbes χρησιμοποιήθηκε στο πιλοτικό στάδιο της έρευνάς μας προκειμένου να ελεγχθεί και τροποποιηθεί και να εφαρμοστεί στις μεταγενέστερες εφαρμογές της έρευνας.

2. Μεθοδολογία

Για να μπορέσει ένας μαθητής να κατανοήσει έννοιες της σύγχρονης φυσικής, σημαντικό ρόλο παίζει ο κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός και η διαχείριση της επιστημονικής γνώσης. Οι διδακτικές παρεμβάσεις που θα σχεδιασθούν, υλοποιηθούν και αξιολογηθούν, θα είναι βασισμένες στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και στις πρόσφατες εξελίξεις στα πεδία της διδακτικής της Φυσικής, με έμφαση στο διδακτικό μετασχηματισμό. Βασικοί άξονες

είναι το μοντέλο της Διδακτικής Επανοικοδόμησης, MER (Duit R., 2007) και ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η υλοποίηση και η αξιολόγηση, μέσω επαναληπτικών εφαρμογών, μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) (Psillos & Kariotoglou, 2016).

Βασική ψηφίδα της ΔΜΑ θα είναι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις, που περιλαμβάνουν ψηφιακές εφαρμογές και προσομοιώσεις σύνθετων φαινομένων. Λαμβάνεται υπόψη το εύρος της θεματολογίας που μπορεί να κατανοηθεί από τους μαθητές, η ενεργητική συμμετοχή των μαθητών και η αποτελεσματικότητα των διδακτικών προσεγγίσεων. Επιπροσθέτως, στόχος είναι να διερευνηθεί το κατά πόσο είναι έτοιμοι οι μαθητές να προσεγγίσουν θέματα σωματιδιακής φυσικής (ΣΦ).

Έως τώρα, σύμφωνα με τα ελληνικά δεδομένα, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την ΣΦ είτε στο πλαίσιο ομίλων των σχολείων τους, είτε σε δραστηριότητες όπως τα Masterclasses που διοργανώνονται κάθε χρόνο από την διεθνή ομάδα σωματιδιακής φυσικής IPPOG. Τα Masterclasses έχουν μεγάλη επιτυχία και κερδίζουν το ενδιαφέρον πολλών μαθητών (Johansson et al., 2007). Στόχος τους είναι να τονώσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη, να αναδείξουν τη διαδικασία της επιστημονικής έρευνας, να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων σωματιδιακής φυσικής στους μαθητές και να εξερευνηθούν από τους μαθητές οι έννοιες των θεμελιωδών δυνάμεων και των δομικών στοιχείων της φύσης.

Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, ακολουθούνται διδακτικές παρεμβάσεις όπως:

- ✓ Εισαγωγικές διαλέξεις που παρουσιάζουν στους μαθητές πώς να ερμηνεύουν διασπάσεις και να αναγνωρίζουν διαφορετικά είδη στοιχειωδών σωματιδίων, και
- ✓ Καθοδηγούμενη ιστοεξερεύνηση με πραγματικά δεδομένα των πειραμάτων του CERN.

Η γνώση που παρέχεται πριν (όταν παρέχεται) ή κατά την διάρκεια των Masterclasses, είναι συνήθως δηλωτικού τύπου σε διάλεξη. Ακόμα και οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται είναι επιβεβαιωτικού χαρακτήρα, χωρίς την δυνατότητα ενεργούς εμπλοκής των μαθητών (ενεργός μάθηση). Είναι εύλογο λοιπόν το ερώτημα, κατά πόσον η αποπλαισιωμένη και σχεδόν αποκλειστικά δηλωτική γνώση, που παρουσιάζεται στις διαλέξεις και η επιφανειακή ενασχόληση με τα πραγματικά δεδομένα των πειραμάτων του CERN, αποτελούν για τους μαθητές ένα εννοιολογικό πλαίσιο, πέραν οπωσδήποτε από την ευφορία της ενεργούς εμπλοκής σε σύγχρονα πειράματα (novelty factor).

Στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του Masterclass ενός Γενικού Λυκείου, συμμετείχαν 10 μαθητές της Β' τάξης, την σχολική χρονιά 2021-2022. Αυτή η ομάδα παρακολούθησε την ίδια χρονιά μια εισαγωγική διάλεξη, πριν το Masterclass, από την ερευνήτρια και καθηγήτριά τους στο μάθημα της Φυσικής, σχετικά με την σωματιδιακή φυσική και στη συνέχεια τις δραστηριότητες του Masterclass.

Για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης δόθηκε το ερωτηματολόγιο των Tuzón and Solbes (2016) πριν την παρέμβαση και δέκα μέρες μετά, ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα των αντιλήψεων των μαθητών.

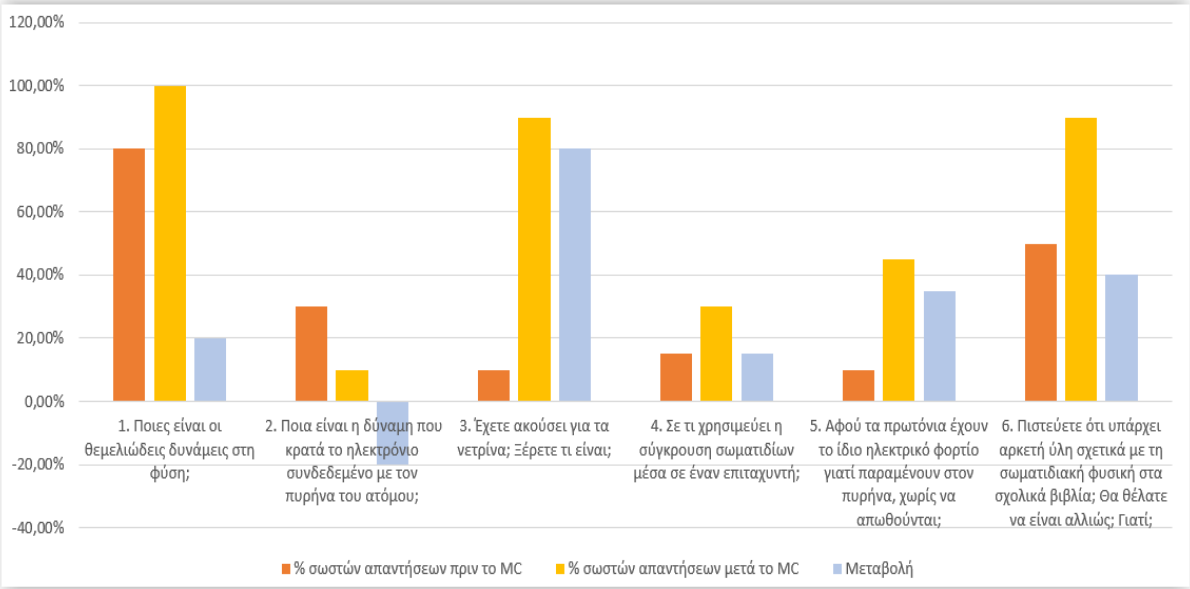
Το ερωτηματολόγιο των Tuzón and Solbes, χρησιμοποιήθηκε αφού εγκυροποιήθηκε ως προς την μετάφραση και ως προς την αξιολόγηση των πιθανών απαντήσεων των μαθητών, από μια ομάδα ειδικών επιστημόνων ελληνικών και διεθνών πανεπιστημίων στην Σωματιδιακή Φυσική. Επιπρόσθετοι στόχοι της χρήσης του ερωτηματολογίου, ήταν να διερευνηθούν οι γνώσεις και οι στάσεις των μαθητών σχετικά με την ΣΦ και να κριθεί το ίδιο το ερωτηματολόγιο - σε αυτή την πρώτη πιλοτική εφαρμογή - προκειμένου να αναπροσαρμοστεί στις ανάγκες της μετέπειτα έρευνας.

3. Αποτελέσματα

Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 17 ανοικτού τύπου ερωτήσεις. Επιλέχτηκαν 6 αντιπροσωπευτικές ερωτήσεις για να σχολιασθούν στη συνέχεια. Μια πρώτη εικόνα των αποτελεσμάτων φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα 1.

Τα πρώτα αποτελέσματα φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Tuzón and Solbes και συγκεκριμένα προς το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών και την διάθεση να

γνωρίσουν θέματα σύγχρονης φυσικής (ερώτημα 6). Επίσης, είναι εμφανές ότι σύντομες παρεμβάσεις όπως το Masterclass, και η προηγηθείσα διάλεξη, εισάγουν τους μαθητές στην ΣΦ, βελτιώνουν διαδικαστικού τύπου γνώσεις (ερώτημα 3), αλλά δεν μπορούν να θεωρηθούν από μόνες τους αποτελεσματικές, καθότι μια διάλεξη και μια επιφανειακή ενασχόληση με τα πραγματικά δεδομένα, δεν αντιμετωπίζουν σε βάθος σχετικές έννοιες ή διαδικασίες (ερωτήματα 2, 4, 5)



Διάγραμμα 1: Αποτελέσματα πριν και μετά την παρέμβαση

Αν και οι μαθητές γνωρίζουν αρκετά για τις αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρικών φορτίων, δεν μπορούν να τις συσχετίσουν με τα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια του ατόμου. Για την εννοιολόγιση της γνώσης φαίνεται να είναι αποτελεσματικότερη μια πλήρης διδακτική παρέμβαση, με σχεδιαστική βάση το MER και την ΔΜΑ (Duit et al, 2012), όπως δύναται να γίνει σε έναν όμιλο φυσικής.

4. Συμπεράσματα

Δραστηριότητες μη τυπικής μάθησης, όπως τα Masterclasses, που διοργανώνονται από ακαδημαϊκούς φορείς εστιάζουν στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών στην σύγχρονη φυσική. Σύντομες παρεμβάσεις δεν μπορούν να είναι παρά μια μορφή γνωριμίας με το αντικείμενο της ΣΦ και δεν έχουμε ενδείξεις ότι μπορούν να συμβάλουν στην βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης. Επιπλέον, οι σύγχρονες έννοιες στην φυσική που αγνοούνται ή εμφανίζονται αποσπασμένες από τη διδακτική ακολουθία, παρουσιάζονται μεμονωμένες και ελλιπείς, γεγονός που φέρνει ακόμη μεγαλύτερη σύγχυση (Tuzón & Solbes, 2016).

5. Βιβλιογραφία

Barlow, R. (1992). Particle physics: from school to university. *Physics Education 27*(2), 92-95. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/27/2/007

Bertozzi, E., Levrini, O., & Rodriguez, M., (2013). Symmetry as Core-idea for Introducing Secondary School Students to Contemporary Particle Physics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 116, 679-685. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.279

Duit, R. (2007). Science education research internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3*(1), 3-15. https://doi.org/10.12973/ejmste/75369

Duit R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek M. & Parchmann I. (2012) The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. Στο D. Jorde, J. Dillon (επιμ.), *Science education research and practice in Europe. Cultural Perpectives in Science Education, 5*. Sense Publishers, σ. 13-37. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2

Gourlay, H., (2018). Using concept mapping to learn about A level physics students' understandings of particle physics. *Proceedings, 6th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2017), EPJ Web of Conferences 182*. https://doi.org/10.1051/epjconf/201818202050

Johansson K. E., Kobel M., Hillebrandt D., Engeln K. & Euler M. (2007). European particle physics masterclasses make students into scientists for a day. *Physics Education, 42*(6), 636. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/42/6/012

Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A. & van Joolingen W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Physical Review Physics Education Research 13,* 010109. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010109

Michelini, M., Santi, L. & Stefanel, A. (2016) Teaching modern physics in secondary school. *Proceedings of Frontiers of Fundamental Physics 14 (FFP14*). https://doi.org/10.22323/1.224.0231

Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues related to Designing and Developing Teaching – Learning Sequences. Στο D. Psillos, P. Kariotoglou (Επιμ.), *Iterative Design of Teaching - Learning Sequences*, σ. 11-34. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2

Polen, C. (2019). Particle Physics: An Essential and Engaging Part of the High School Physics Program. *The Physics Teacher, 57*(5), 320-322. https://doi.org/10.1119/1.5098922

Stadermann, H. K. E., van den Berg, E. & Goedhart, M. J. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspective on a challenging topic. *Physical Review Physics Education Research 15*, 010130. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130

Tuzón P. & Solbes J. (2016). Particle Physics in High School: A Diagnose Study. *PLoS ONE 11(6): e0156526*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156526